

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт: Физико-технический

Специальность: 240601 Химическая технология материалов современной энергетики

Кафедра: «Химическая технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Проект цеха фтораммонийной переработки вольфрамсодержащего концентрата производительностью 2000 тонн в год по исходному сырью

УДК 66.061.16; 546.786

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0412	Цивка Роман Романович		

Руководители

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Киселев А.Д.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тухватулина Л.Р.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Акимов Д.В.			

По разделу «Автоматизация процесса»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вильнина А. В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Крайденко Р.И.	д.х.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП 240601
«Химическая технология материалов современной энергетики»,
специалитет

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания и детальное понимание научных принципов профессиональной деятельности
P2	Ставить и решать инновационные задачи, связанные с получением и переработкой материалов и изделий ядерного топливного цикла, с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии материалов современной энергетики
P3	Эксплуатировать и совершенствовать действующие, разрабатывать и внедрять новые современные высокотехнологичные процессы и линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, контролировать расходование сырья, материалов, энергетических затрат
<i>Универсальные компетенции</i>	
P4	Представлять современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры; иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем
P5	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области изучения свойств, методов и технологий получения и переработки материалов современной энергетики
P6	Применять иностранный язык в сфере коммуникаций и профессиональной деятельности, представлять результаты научных исследований и разработок в виде отчетов, публикаций, публичных обсуждений

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Физико-технический

Направление подготовки (специальность): 240601 Химическая технология материалов современной энергетики

Кафедра: «Химическая технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) Р.И. Крайденко

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
0412	Цивка Роман Романович

Тема работы:

Проект цеха фтораммонийной переработки вольфрамсодержащего концентрата производительностью 2000 тонн в год по исходному сырью	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 08.07.2016 г. № 5594/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	18 января 2016 года
--	---------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Цех фтораммонийной переработки вольфрамсодержащего концентрата производительностью 2000 тонн в год по исходному сырью. Проектируемый аппарат агитатор с перемешивающим устройством, работает в периодическом режиме. Данные об исходном составе сырья: $\text{Al}_2\text{O}_3 = 2 \%$, $\text{CaO} = 2 \%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 9 \%$, $\text{FeS}_2 = 2 \%$, $\text{FeWO}_4 = 15 \%$, $\text{MnWO}_4 = 60 \%$, $\text{SiO}_2 = 7 \%$, $\text{TiO}_2 = 2 \%$, $\text{ZrO}_2 = 1 \%$.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Введение. ТЭО. 2. Аналитический обзор существующих методов. 3. Теория выбранного процесса. Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы. 4. Расчетная часть. 4.1. Расчет материального баланса. 4.2. Расчет теплового баланса. 4.3. Аппаратный расчет. Расчет геометрии и габ. в аппаратов технологической схемы. 4.4. Механический расчет основного аппарата. 4.5. Гидравлический расчет. 4.6. Энергетический расчет. 5. Автоматизация процесса. 6. Строительная часть.

	7. Охрана труда и техника безопасности. 8. Расчет периода окупаемости предприятия.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Блок-схема с материальными потоками. 2. Аппаратурно-технологическая схема. 3. План размещения оборудования. 4. Разрез цеха. 5. Сборочный чертеж основного аппарата А1 (ГОСТ 2.001-93..2.034-83). 6. Техничко-экономические показатели.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Л. Р. Тухватулина
Социальная ответственность	Д. В. Акимов
Автоматизация процесса	А. В. Вильнина
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Все разделы ВКР написаны на русском языке	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	3 октября 2016 года
--	---------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ХТРЭ	А. Д. Киселев	к.т.н		3.10.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0412	Р. Р. Цивка		3.10.2016

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 95 страниц, 4 рисунков, 22 таблиц, 30 источников.

Ключевые слова: вольфрам, паравольфрамат аммония, агитатор, фтораммонийная переработка, бифторид аммония.

Объектом разработки является цех фтораммонийной переработки вольфрасодержащего концентрата.

Цель проекта – спроектировать цех фтораммонийной переработки вольфрамсодержащего концентрата производительностью 2000 тонн в год по исходному сырью.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ПВА – паравольфрамат аммония;

БФА – бифторид аммония;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ОТ – техника безопасности;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

ЗП – заработная плата;

ИТР – инженерно-технический работник.

Оглавление

Введение.....	10
1. Аналитический обзор литературных данных	12
1.1 Виды вольфрамовых месторождений.....	12
1.2 Обогащение вольфрамовых руд. Рудные концентраты	15
1.3 Области применения вольфрамовой продукции.....	18
1.4 Существующие способы переработки вольфрамовых концентратов.	21
1.5 Способы получения паравольфрамата аммония (ПВА).....	21
2 Объект и методы исследования.....	25
3 Расчет и аналитика.....	27
3.1 Расчет материального баланса	27
3.1.1 Материальный баланс фторирования	28
3.1.2 Материальный баланс процесса растворения	30
3.1.3 Материальный баланс процесса фильтрации.....	31
3.1.4 Материальный баланс аммонийного осаждения	32
3.1.5 Материальный баланс процесса фильтрации.....	33
3.1.6 Материальный баланс процесса упаривания	34
3.1.7 Материальный баланс процесса разложения вольфрамата аммония	35
3.2 Расчет теплового баланса	36
3.3 Аппаратурный расчет.....	42
3.4 Расчет обечайки	43
3.5 Расчет толщины днища и крышки	45
3.6 Расчет перемешивающего устройства.....	46
3.7 Гидравлический расчет	50

3.8	Расчет штуцеров	50
3.9	Расчет шнекового питателя	51
4.	Результаты проведенного исследования	54
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсобережение .	55
5.1	Расчет себестоимости передела	55
5.2	Расчет эффективного фонда рабочего времени	55
5.3	Расчет эффективного фонда времени работы оборудования	57
5.4	Расчет капитальных затрат на строительство.....	57
5.5	Расчет численности рабочих, служащих, ИТР и МОП	58
5.6	Расчет численности ИТР и служащих.....	60
5.7	Расчет годового фонда заработной платы	60
5.7.1	Расчет фонда заработной платы основных рабочих.....	60
5.7.2	Расчет фонда заработной платы вспомогательных рабочих	61
5.8	Расчет себестоимости оборудования.....	63
5.9	Общепроизводственные расходы	64
5.10	Расчет технологических затрат	64
5.11	Расчет затрат на производство	65
5.12	Калькуляция себестоимости передела	65
6	Социальная ответственность	68
6.1	Введение	68
6.2	Общая характеристика производства.....	68
6.3	Промышленная санитария.....	69
6.4	Опасность поражения электрическим током.....	71
6.5	Мероприятия по защите от воздействия производственного шума и вибраций.....	71

6.6	Мероприятия по защите от механического травмирования	73
6.7	Производственное освещение	73
6.8	Пожарная безопасность	74
6.9	Мероприятия по выполнению норм микроклимата	75
6.10	Охрана окружающей среды.....	76
6.11	Выводы по разделу	77
7	Автоматизация фтораммонийной переработки вольфрамсодержащего концентрата.....	78
7.1	Описание функциональной схемы автоматизации фтораммонийной переработки вольфрамсодержащего концентрата.....	79
7.2	Перечни технологических параметров, подлежащих регулированию, контролю.....	80
7.3	Перечень первичных преобразователей.....	81
7.4	Автоматизация процесса с использованием ЭВМ.....	83
8	Строительная часть.....	86
	Заключение	91
	Список публикаций.....	92
	Список используемых источников.....	93
Графический материал на отдельных листах:		
ДП ФЮРА. 0412196.009 ПТС	Принципиальная технологическая схема	
ДП ФЮРА. 0412196.009 АТС	Аппаратурная технологическая схема	
ДП ФЮРА. 0412196.009 ПРО	План размещения оборудования	
ДП ФЮРА. 0412196.009 ПРЦ	Поперечный разрез цеха	
ДП ФЮРА. 0412196.009 СБ	Сборочный чертеж	
ДП ФЮРА. 0412196.009 ТЭП	Технико-экономические показатели	

Введение

В современной технике роль вольфрама – самого тугоплавкого металла – велика. Производство легированных сталей, электроосветительных и электронных приборов, износостойких и инструментальных твердых сплавов, жаропрочных сплавов это далеко не весь перечень, где нашел свое применение [1]. Паравольфрамат аммония (ПВА) является основным продуктом для получения металлического вольфрама.

ПВА применяется в качестве легирующей добавки при производстве твердосплавных смесей. Из твердых сплавов, полученных в результате легирования металла паравольфраматом аммония, изготавливают износоустойчивые, прочные изделия для таких отраслей промышленности, как машиностроение, станкостроение, приборостроение и других.

Цена за 1 кг ПВА на мировом рынке составляет 1300 руб [4].

Недостатками современных способов получения ПВА являются: многостадийность, введения в систему дополнительных реагентов, использование дорогостоящей аппаратуры.

Фтораммонийный способ, рассмотренный в данном дипломном проекте является перспективным и способен решить ряд проблем, а именно: позволяет использовать не сложную аппаратуру, кроме того обеспечивается высокая степень извлечения вольфрама из исходной аммонийной соли – паравольфрамата аммония – в металл (не менее 98%)

Целью данного дипломного проекта является проектирование цеха фтораммонийной переработки вольфрамсодержащего концентрата.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Рассмотреть теорию выбранного процесса,
2. Оценить и выбрать место расположения данного цеха,
3. Выбрать основной аппарат и рассчитать основные характеристики,
4. Произвести расчет необходимых реагентов,

5. Спроектировать аппарат для растворения фторированного продукта вольфрама,

6. Осуществить автоматизацию процесса,

7. При разработке проекта учесть охрану труда и технику безопасности.

1. Аналитический обзор литературных данных

1.1 Виды вольфрамовых месторождений

Вольфрам встречается в основном в виде вольфраматов марганца или кальция и железа, иногда меди, свинца и редкоземельных элементов.

Наиболее распространенным минералом является вольфрамит. Это твердые кристаллы, которые имеют цветовой ряд от коричневого до черного, цвет зависит от процентного содержания элементов преобладающих в большей степени. Если в минерале преобладает марганец ($Mn:Fe > 4:1$), то кристаллы обладают черным цветом, в противном же случае, когда ($Fe:Mn > 4:1$) – коричневые. Первый минерал имеет название гюбнерит, второй – ферберит [3].

Важное промышленное значение минерала вольфрама имеет шеелит – вольфрамат кальция $CaWO_4$. Он образует блестящие кристаллы светло-желтого цвета, в некоторых случаях почти белого цвета. Если на него воздействовать ультрафиолетовыми лучами, он начинает флуоресцировать в темноте ярко-синим цветом. Если в шеелите присутствует молибден в качестве примеси, то свечение становится бледно-синим, а в больших количествах молибдена цвет становится кремовым. Это свойство шеелита применяется геологами для обнаружения.

Крупные кристаллы шеелита или вольфрамита встречаются очень редко. Обычно минералы вкраплены в гранитовые породы. В таких случаях средняя концентрация вольфрама составляет всего от 1 до 2 %, что затрудняет его извлечение. Известно, что вольфрам имеет около 15 собственных минералов, это штольцит и расоит, которые представляют собой две различные кристаллические модификации вольфрамата свинца $PbWO_4$. Единственный неоксидный минерал вольфрама – тунгстенит WS_2 , большие запасы которого находятся в США [3].

Мировые запасы вольфрамовых руд оцениваются в $2,9 \cdot 10^6$ тонн в пересчете на металл. Самые большие запасы принадлежат Китаю ($1,8 \cdot 10^6$

тонн), второе место разделяют между собой две страны: Канада и Россия ($2,6 \cdot 10^5$ и $2,5 \cdot 10^5$ тонн соответственно). Третье место принадлежит США ($1,4 \cdot 10^5$ тонн), однако на сегодняшний день большинство американских месторождений законсервированы. Среди остальных стран, которые имеют весомые запасы вольфрамовых руд обладают Боливия (53000), Северная Корея (35000 тонн), Португалия (25000 тонн) и Австралия (10000 тонн) [2].

Месторождения вольфрама можно разделить на следующие группы: контактово-метасоматические (скарновые), грейзеновые, жилые гидротермальные и россыпные [1].

Контактово-метасоматические (скарновые) месторождения относятся к крупнейшим и имеют важное промышленное значение. Они сосредоточены в зонах контактов гранитоидов повышенной основности с карбонатами толщами. Главными минералами контактово-метасоматических месторождений являются пироксены и гранаты. Вольфрам представлен в скарновых месторождениях единственным минералом – шеелитом (реже молибдошеелитом Ca (W, Mo) O_4). В рудах данного типа часто присутствует кальцит, флюорит, барит, молибденит, апатит. Шеелиту иногда сопутствует молибденит, а также другие сульфиды: пирит, халькопирит, галенит и сфалерит.

К месторождениям контактово-метасоматическому типу относятся Тырны-Ауз (Северный Кавказ, Россия), Кинг-Айленд (Австралия), Санданг (Южная Корея), Азегур (Северная Африка), Улу-Даг (Турция). Пайн-Крик (США).

Грейзеновые месторождения имеют большое распространения и отличаются крупными запасами.

Грейзенизация – среднетемпературный процесс изменения гранитных пород под действием газов и растворов, отделяющихся от охлаждающихся гранитных тел. В результате образуется преимущественно по периферии рудных тел горная порода под названием грейзен, которая состоит в основном из кварца и светлых слюд – лепидолита и мусковита.

Грейзеновые месторождения содержат мелкую вкрапленность вольфрамита, иногда кварцвольфрамитовые прожилки, образующие штокверк. Основной минерал вольфрама в грейзеновых месторождениях – вольфрамит, шеелит встречается крайне редко. Обычно это касситерит (оловянно-вольфрамовые месторождения). В незначительных количествах встречаются висмут берилл, молибденит, сульфиды свинца, цинка и железа[1].

Из месторождений к данному типу можно отнести: Акчатау (Казахстан), Спокойнинское (Восточное Забайкалье, Россия), Тарингтон (Австралия), Сунгей (Малайзия) [1].

Жильные гидротермальные месторождения занимают основное положение в мировой добыче вольфрама. Руды залегают в виде кварцевых жил различной мощности и протяженности в интрузивных и осадочно-метаморфических породах.

Наибольший интерес имеют кварц-касситеритвольфрамитовые и кварц-вольфрамитовые месторождения. Сопутствующее значение имеют кварц-золото-шеелитовые и кварц-антимонит-шеелитовые рудные жилы, которые содержат в себе ферберит, антимонит, барит и киноварь.

К месторождениям данного типа можно отнести: Ильтин (Чукотский национальный округ, Россия), Антоновское (Восточное Забайкалье, Россия), Бом-Горхон (Западное Забайкалье, Россия), Бугуды (Казахстан), Джидинское (Бурятия, Россия), Иньянхария (Бразилия), Боульдер (США), а также эти месторождения можно встретить в отдельных округах Австралии, Бирмы, Индии, Таиланда, Малайзии [3].

Россыпные месторождения вольфрама образуются в результате размыва коренных пород. Наиболее часто встречаются делювиальные и аллювиальные россыпи, содержащие вольфрамит и шеелит. Данные месторождения бедны по сравнению с жильными месторождениями и в настоящее время их промышленное значение не велико. Содержание WO_3 в

песках разрабатываемых россыпей колеблется от одного до нескольких килограммов на 1 м³ песков.

Наиболее крупные россыпные месторождения сосредоточены в Юго-Восточной Азии: Китай, Малайзии и Индокитаи, где вольфрамит встречается часто с касситеритом, иногда с колумбитом.

Минимальное содержание WO₃ в рудах, при которых рентабельна их эксплуатация составляет от 0,14 до 0,15 % (для крупных месторождений) и от 0,4 до 0,5 % для мелких месторождений. В эксплуатируемых крупных месторождениях содержание WO₃ в рудах колеблется от 0,2 до 2 %.

Наиболее важные промышленные месторождения вольфрама образуют огромное прерывистое кольцо вдоль западного и восточного побережья Тихого океана. Сюда можно отнести месторождения Дальнего Востока (Россия), Кореи, Японии, Южных районов Китая, Бирмы, Таиланда, Вьетнама, Малайи, Австралии, Новой Зеландии, Аляски (США), Канады, Мексики, Перу, Боливии и Аргентины. Меньшее количество месторождений сосредоточены в полосе, протянувшейся в широтном направлении вдоль северного побережья Средиземного моря через Аппенинский полуостров, Турцию, Южную часть России (Кавказ), Казахстан, Китай и примыкающей на востоке к тихоокеанскому кольцу [2].

1.2 Обогащение вольфрамовых руд. Рудные концентраты

Вольфрамовые руды обогащают, получая стандартные концентраты, содержащие от 55 до 65 % WO₃. Поскольку руды чаще всего содержат от 0,2 до 2 % WO₃, степень обогащения составляет от 30 до 120. Высокую степень концентрирования можно достиг, применяя следующие методы: флотации, гравитационного обогащения, химического обогащения, магнитной и электростатической сепарации [3].

Свойство шеелита флуоресцировать голубым светом при облучении ультрафиолетовыми лучами иногда используется для сортировки

шеелитовой руды. Для достижения этой цели используют специальные лампы. Схемы обогащения (число и сочетание операций) зависят главным образом от минералогического состава руд, размера вкрапленности минералов вольфрама, комплексности руды.

Гравитационные методы являются основными при обогащении вольфрамитовых руд. По плотности минералы, встречающиеся в вольфрамовых рудах, можно расположить в следующий ряд, г/см³: вольфрамит (от 7,1 до 7,5), касситерит (7,0), арсенопирит (6,0), шеелит (от 5,8 до 6,1), пирит (5,0), молибденит (4,8), пирротин (4,6), барит (4,5), халькопирит (4,2), сфалерит (4,0), сидерит (3,9), гранат (от 3,5 до 4,2), флюорит (3,1), слюды (от 2,8 до 3,1), полевые шпаты (от 2,5 до 2,8), кальцит и кварц (от 2,5 до 2,8).

Отделение вольфрамита от касситерита осуществляется магнитной сепарацией (вольфрамит слабомагнитен, касситерит немагнитен). Магнитную сепарацию используют также для отделения от вольфрамита магнитных минералов (магнетита, пирротина). Магнитной сепарации иногда предшествует обжиг с целью перевода пирита в магнетит, отделяемый затем магнитной сепарацией. Если касситерит покрывает пленка оксидов железа, то отделение касситерита от вольфрамита магнитной сепарацией затрудняется. В таком случае необходимо провести предварительную обработку вольфрамитово-касситеритового концентрата горячими растворами серной кислоты для растворения оксидов железа [3].

Чтобы произвести отделение сульфидных минералов от вольфрамита используют флотацию или флотогравитацию (флотация на концентрационных столах) в кислой среде, используя в качестве реагентов ксантогенат и керосин. Для доведения до кондиционных содержаний по примеси мышьяка применяют обжиг вольфрамитового концентрата при 800 °С.

Флотация шеелита осложняется в присутствии других легко флотируемых минералов пустой породы – кальцита, доломита, флюорита,

талька, барита, апатита. Эффективным депрессором этих минералов служит жидкое стекло. Добавки сернокислых солей меди и железа к жидкому стеклу способствует депрессии кальцита, флюорита и апатита.

При флотации шеелитовых руд первоначально флотируют сульфиды в содовой среде ксантогенатом или нейтральными маслами (если руды содержат молибденит) в присутствии пенообразователя. Затем в пульпу вводят жидкое стекло и после некоторого времени перемешивания флотируют шеелит олеатом натрия или другими собирателями. После перечистки грубого концентрата пульпу сгущают с целью удаления избытка реагента, а затем пропаривают при температуре 80 °С в растворе жидкого стекла, разбавляют холодной водой и проводят флотационную перечистку.

Шеелитовые концентраты доводят до установленных кондиций по примесям различными методами химической обработки. Так, для снижения содержания фосфора концентрат подвергают обработки соляной кислотой на холоду. При этом попутно идет частичное удаление кальцита и доломита. Для очистки меди, мышьяка и висмута применяют обжиг с последующей обработкой кислотами.

Извлечение вольфрама в кондиционные концентраты при обогащении руд различного типа колеблется от 65 до 90 %.

Как правило при обогащении трудновоскрываемых руд экономически целесообразно выводить промежуточные продукты (содержание WO_3 от 10 до 20 %) на химическую (гидрометаллургическую) переработку, в результате которой получают искусственный шеелит. Подобные комбинированные схемы обеспечивают высокое извлечение вольфрама из труднообогащаемых руд.

При обогащении руд, содержащих молибдошеелит $Ca(W, Mo)O_4$, получают флотационные концентраты с высоким содержанием молибдена. Так, например концентраты из руд тырныаузского месторождения содержат от 45 до 50 % WO_3 и от 4 до 5 % Мо. Их направляют на

гидрометаллургическую переработку для получения молибденового и вольфрамового химических концентратов.

1.3 Области применения вольфрамовой продукции

Вольфрамовую продукцию широко применяют в современной технике в виде чистого металла и в ряде сплавов, наибольшее практическое значение из которых – легированные стали, твердые сплавы на основе карбида вольфрама, износостойкие и жаропрочные сплавы.

1.3.1 Вольфрам в сталях.

Большую часть вольфрамовых концентратов используется в производстве специальных сталей. В состав широко применяемых быстрорежущих сталей входят от 9 до 24 % W, от 3,8 до 4,6 % Cr, от 1 до 5 % V, от 4 до 10 Co, 0,7 до 1,5 % C.

Кроме быстрорежущих, широкое применение нашли другие легированные инструментальные стали: вольфрамовые (от 0,8 до 1,2 % W), хромвольфрамкремнистые (от 2 до 2,7 % W), хромвольфрамовые (от 2 до 9 % W), хромвольфраммарганцевые (от 0,5 до 1,6 % W). Вольфрамсодержащие стали используют для изготовления инструмента: сверл, фрез, фильер, матриц и пуансонов, штампов, деталей пневматических инструментов и др.

Вольфрам входит в состав магнитных сталей. Различают вольфрамкобальтовые и вольфрамовые стали. Первые содержат от 11,5 до 14,5 % W, от 5,5 до 6,5 % Mo, от 11,5 до 12, 5% Co (магнитотвердые материалы), вторые от 5,2 до 6,2 % W, от 0,6 до 0,8 % Cr (сортовые стали для постоянных магнитов). Они отличаются высокой интенсивностью намагничивания [2].

1.3.2 Твердые сплавы на основе карбида вольфрама

Карбид вольфрама обладает высокой твердостью, износостойкостью и тугоплавкостью. Некоторые виды сплавов содержат карбиды титана, ниобия и тантала. Все эти сплавы изготавливают методами порошковой

металлургии. Они не теряют высокой твердости и износостойкости при нагревании до 1000 °С, что позволяет сильно увеличить скорость резания. Из твердых сплавов изготавливают рабочие части режущих и буровых инструментов.

Кроме спеченных твердых сплавов, содержащих цементирующую присадку (кобальт, никель), для некоторых целей (буровые инструменты, фильеры), где не требуется высокая прочность сплава, а требуется лишь сопротивление истиранию и твердость, применяют литые карбиды вольфрама.

В последнее время карбид вольфрама стали применять для изготовления специальных игл для автомобильных шин, работающих в тяжелых зимних условиях: большинство автомобилей США используют именно такие шины [2].

1.3.3 Жаропрочные и износостойкие сплавы

Вольфрам входит в огромное количество жаропрочных сплавов в связи с его свойствами. К таким сплавам относятся сплавы вольфрама с кобальтом и хромом, так называемые стеллиты, которые имеют следующий состав: от 3 до 15 % W, от 25 до 35 % Cr, от 45 до 65 %. Сплавы такого типа применяют для покрытий поверхностей деталей, подвержены сильному износу, например клапана двигателей, рабочие части ножниц для горячей резки штампов, лопасти турбин, экскаваторного оборудования и др.

Сплавы вольфрама с другими тугоплавкими металлами такие как: тантал, ниобий, молибден, рений нашли свое применение в качестве жаропрочных материалов в авиационной и ракетной технике, а также в областях, где требуется жаропрочность деталей машин, двигателей и приборов.

1.3.4 Вольфрам в электровакуумной и электроосветительной технике

Вольфрам в виде проволоки, ленты и различных кованных деталей применяют в производстве электроламп, в радиоэлектронике и рентгентехнике. Вольфрам очень хорошо подходит в качестве материала

для нитей и спиралей в лампах накаливания из-за высокой рабочей температуры, которая составляет от 2200 до 2500 °С, что обеспечивает большую светоотдачу, а малая скорость испарения продлевает срок службы нитей. Вольфрамовую проволоку используют для изготовления катодов прямого накала высоковольтных выпрямителей, подогреватели катодов косвенного накала в различных электронных приборах. Из вольфрама делают антикатоды и катоды рентгеновских и газоразрядных трубок, а также контакты для радиоаппаратуры и электроды горелок для атомно-водородной сварки. Вольфрамовая проволока и прутки служат электронагревателями для высокотемпературных печей температура которой может достигать 3000 °С. Вольфрамовые нагреватели работают в атмосфере водорода, инертного газа или в вакууме [1].

Для изготовления электровакуумных приборов и источников света вольфрам применяют главным образом после легирования его специальными неметаллическими присадками или в виде сплавов с другими тугоплавкими металлами.

Вольфрамовый порошок, который применяется для производства проволоки должен иметь высокую чистоту. Как правило происходит смешивание порошков вольфрама различного происхождения, чтобы усреднить качество металла. Далее порошок подвергают прессовке, с последующим спеканием штабиков. После прессовки штабики остаются достаточно хрупкими, чтобы достичь положительного результата необходимо подвергнуть их высокотемпературному спеканию. Для этого штабик зажимается между двумя контактами, охлаждаемыми водой и в атмосфере сухого водорода через него пропускается ток для нагрева его почти до температуры плавления [2].

1.4 Существующие способы переработки вольфрамовых концентратов

Способы разложения вольфрамовых концентратов можно разделить на три группы:

1. Конечный результат разложения – растворы вольфрамата натрия Na_2WO_4 . К этой группе относятся процессы разложения с использованием соды, щелочей, нейтральных солей таких как: NaF , NaNO_3 и др. Из растворов, которые предварительно проходят очистку от примесей выделяют малорастворимые соединения вольфрама (H_2WO_4 , CaWO_4) или извлекают вольфрам методами экстракции или ионного обмена.

2. Конечный результат разложения – осадки технической вольфрамовой кислоты. К этой группе относятся способы разложения концентратов минеральными кислотами (HCl , HNO_3) [3].

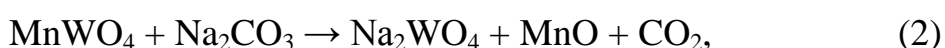
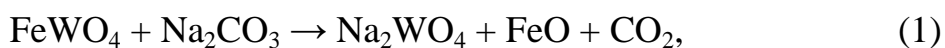
3. Конечный результат разложения – конденсат летучих галогенидов и оксигалогенидов вольфрама. К этой группе относятся способы, основанные на хлорировании или фторировании сырья галогенами или их соединениями. Гидролитическим разложением конденсата галогенидов и оксигалогенидов получают вольфрамовую кислоту.

1.5 Способы получения паравольфрамата аммония (ПВА)

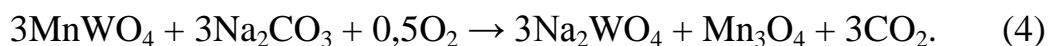
1.5.1 Спекание (или сплавление) вольфрамита с содой.

Спекание с содой – универсальный способ разложения вольфрамита и шеелита, широко используемый в промышленной практике. При температурах от 800 до 900 °С вольфрамит активно реагирует с содой по практически необратимым реакциям.

В отсутствии кислорода:



В присутствии кислорода:



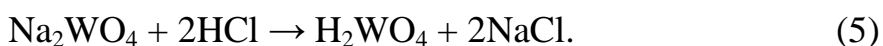
Избыток соды, который равен от 10 до 15 % обеспечивает достаточно полное разложение концентрата, при таких условиях степень разложения достигается 99,5 %. Для ускорения разложения минерала в шихту иногда добавляют окислитель – селитру (нитрат натрия) в количестве от 1 до 4 % массы концентрата. Добавление селитры необходимо при сплавлении, так как в этом случае доступ кислорода к компонентам шахты ограничен.

Обычно примеси в вольфрамитовом концентрате – соединения кремния, фосфора, мышьяка, молибдена и др. При спекании они образуют растворимые натриевые соли Na_2SiO_3 , Na_3PO_4 , Na_3AsO_4 , Na_2MoO_4 .

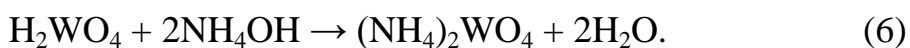
В производственных условиях спекание вольфрамитового концентрата осуществляют в печах периодического или непрерывного действия. При периодическом процессе спекание проводят в небольших отражательных печах. При больших масштабах производства применяют непрерывный процесс спекания в трубчатых вращающихся печах.

Основной недостаток печи заключался в быстром разъедании трубы щелочным плавом. Так например труба, которая имеет толщину стенки 25 мм, служит около 40 суток. Другой недостаток – необходимость сохранения равномерного распределения температуры вдоль трубы печи для предупреждения застывания плава в отдельных ее зонах.

Для осаждения вольфрамовой кислоты в раствор вольфрамата натрия добавляют соляную кислоту, которая сопровождается следующей реакцией:



Общее извлечение вольфрама из раствора при осаждении H_2WO_4 составляет 98, 99 %. Техническая вольфрамовая кислота, может содержать в себе 0,2 % примесей. Для ее очистки применяется аммиачный способ.



Для выделения ПВА из аммиачного раствора используют способ выпаривания.

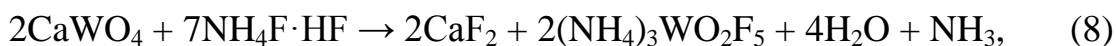
При выпаривании аммиачного раствора, происходит удаление аммиака и образуется ПВА. После охлаждения из раствора выпадают кристаллы ПВА:



Полученные кристаллы отжимают на фильтре, с последующей промывкой водой и сушкой. Выпаривание ведут до выделения вольфрама порядка 80 %. Глубокую выпарку как правило не проводят, так как возможно загрязнение выделяющихся кристаллов паравольфрамата аммония примесями. Маточный раствор, который содержит большое количество примесей подвергают осаждению вольфрама. Полученный в результате вольфрам находится в виде CaWO_4 или H_2WO_4 , который возвращается вновь на переработку.

1.5.2 Фтораммонийный способ

Данный способ включает в себе следующие стадии: взаимодействие вольфрамсодержащего сырья с фторирующим реагентом (NH_4F , NH_4HF_2 , $\text{NH}_4\text{F} + \text{NH}_4\text{HF}_2$), выщелачивание полученных фтораммонийных комплексов, аммонийное осаждение вольфрамового полупродукта, аммонийное растворение и упаривание продуктивного раствора до паравольфрамата аммония (ПВА). Данный способ позволяет получить паравольфрамат аммония с чистотой не менее 99,9%. По данной технологии исходный концентрат подвергается фторированию бифторидом аммония при температуре от 150 до 190 °C с получением фтораммонийных комплексов. Фторирующие реагенты берутся с избытком от 10 % до 20 % от стехиометрически необходимого для проведения реакции.



Полученный вольфрамсодержащий продукт $((\text{NH}_4)_3\text{WO}_2\text{F}_5)$ направляется на аммонийное осаждение при $\text{pH} = 7$.

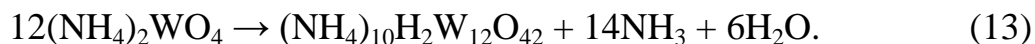


Твердый вольфрамсодержащий продукт с помощью фильтрации отделяется от маточного раствора и направляется на стадию распульповки и аммонийного растворения. Маточный раствор, в котором содержится фторид аммония используется для регенерации фторирующего реагента с помощью перекристаллизации.

Распульповка вольфрамсодержащего продукта осуществляется в аппарате с непрерывным перемешиванием. Полученная пульпа обрабатывается раствором аммиака до $\text{pH} = 10$, процесс сопровождается образованием растворимых соединений: вольфрамата и фторида аммония.



Полученный раствор вольфрамата аммония направляется на упаривание с целью получения товарного продукта – паравольфрамата аммония. Процесс сопровождается выпадением кристаллов паравольфрамата аммония (ПВА).



ПВА отфильтровывается, промывается очищенной водой от остаточного фтор-иона и сушится при температуре не более 150°C до получения товарного продукта с чистотой не менее 99,9 %.

Преимущества рассматриваемого способа:

1. Возможность использования низкотемпературного вскрытия вольфрамсодержащего сырья в интервале температур от 180°C до 210°C с высокой степенью вскрытия 99 % без использования процессов с высоким давлением;
2. Зацикленность основных химических реагентов: регенерация фторирующего реагента и раствора аммиака, применяемого для аммонийного растворения и осаждения промежуточных вольфрамсодержащих продуктов;
3. Простота аппаратного и технического оформления процесса.

2 Объект и методы исследования

Технологическая схема

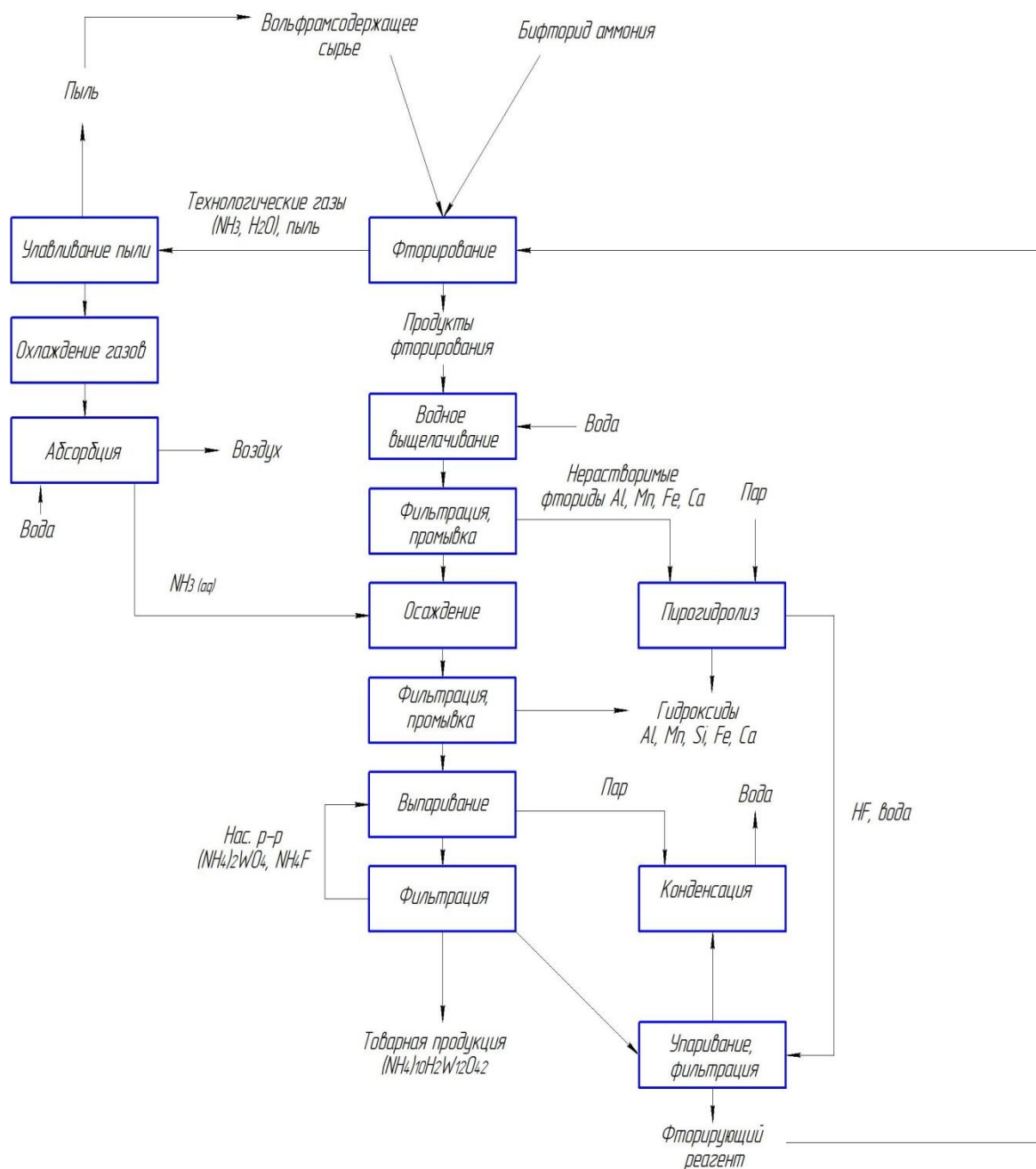
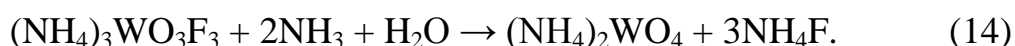


Рисунок 1 – Принципиальная схема получения паравольфрамата аммония фтораммонийным способом

На первой стадии происходит фторирование вольфрамсодержащего сырья с фторирующим реагентом в данной технологии таким реагентом

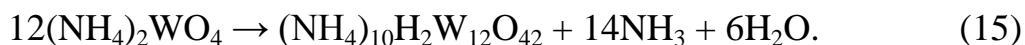
является бифторид аммония (NH_4HF_2). Фторирование проводят в барабанной вращающей печи в температурном интервале от 180 °С до 220 °С в течение от 45 минут до 60 минут, степень вскрытия сырья при таких условиях составляет не менее 99%. Технологические газы, которые содержат аммиак и воду, подвергают очистке от пыли, охлаждаются до температуры окружающей среды и направляются на улавливание потоком холодной воды с получением 25 % аммиачной воды. Полученные после фторирования комплексы подвергают выщелачиванию водой ($T : Ж = 1 : 1,5$) в агитаторе с мешалкой. Раствор после агитатора направляется на фильтрацию, которую проводят на барабанном вакуумном фильтре.

Из очищенного раствора с помощью аммонийного осаждения при $\text{pH} = 10$ осаждают вольфрамсодержащий продукт $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$ согласно следующему уравнению реакции 14.



Нерастворимые при заданном pH гидратированные оксиды отделяются от маточного раствора с помощью фильтрации и утилизируются.

Маточный раствор вольфрамата аммония направляется на упаривание с целью получения товарного продукта – паравольфрамата аммония. Упаривание осуществляется не менее чем на 70 % от исходного объема раствора, процесс сопровождается выпадением кристаллов паравольфрамата аммония (ПВА) согласно реакции 15.



ПВА отфильтровывается, полученный товарный продукт имеет чистоту не менее 99,9 %.

Растворы фторида аммония, образующиеся на стадии аммонийного осаждения, упаривания ПВА и аммонийного выщелачивания объединяются и используются для регенерации фторирующего реагента. Растворы упариваются при температуре от 60 до 80 °С. Фторирующий реагент направляется на взаимодействие с новой партией вольфрамсодержащего концентрата.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсобережение

5.1 Расчет себестоимости передела

Калькуляция – это определение затрат в стоимостной (денежной) форме на производство единицы или группы единиц изделий, или на отдельные виды производств. Калькуляция даёт возможность определить плановую или фактическую себестоимость объекта или изделия и является основой для их оценки. Калькуляция служит основой для определения средних издержек производства и установления себестоимости продукции, представленной совокупностью используемых в процессе производства продукта сырья, энергии, трудовых ресурсов, основных фондов и других затрат на его производство.

5.2 Расчет эффективного фонда рабочего времени

Баланс времени одного рабочего устанавливает число дней, подлежащих отработке одним среднесуточным рабочим в год, в зависимости от принятого режима работы и продолжительности работы цеха и продолжительности рабочего дня. Цех будет работать в 3 смены продолжительностью по 8 часов каждая. Работа будет производиться 5-ю производственными бригадами.

Длительность сменоборота:

$$T_{\text{см.об.}} = n_{\text{б}} \cdot T_{\text{М}}, \quad (57)$$

где $n_{\text{б}}$ – число бригад,

$T_{\text{М}}$ – число дней, когда бригада ходит в смену (3 дня).

$$T_{\text{см.об.}} = n_{\text{б}} \cdot T_{\text{М}} = 5 \cdot 3 = 15 \text{ дней.}$$

За длительность сменоборота бригада отдыхает 4 дней, за год 35 дней. Сменность бригад отображена в таблице 14, где А, Б, В, Г, Д – бригады.

Таблица 14 – График сменности бригад

Смены Дни	с 0 до 8	с 8 до 16	с 16 до 24	Выходные	Выходные
1	А	Б	В	Г	Д
2	А	Б	В	Г	Д
3	А	Б	В	Г	Д
4	Б	В	Г	Д	А
5	Б	В	Г	Д	А
6	Б	В	Г	Д	А
7	В	Г	Д	А	Б
8	В	Г	Д	А	Б
9	В	Г	Д	А	Б
10	Г	Д	А	Б	В
11	Г	Д	А	Б	В
12	Г	Д	А	Б	В
13	Д	А	Б	В	Г
14	Д	А	Б	В	Г
15	Д	А	Б	В	Г
16	А	Б	В	Г	Д
17	А	Б	В	Г	Д
18	А	Б	В	Г	Д
19	Б	В	Г	Д	А
20	Б	В	Г	Д	А
21	Б	В	Г	Д	А
22	В	Г	Д	А	Б
23	В	Г	Д	А	Б
24	В	Г	Д	А	Б
25	Г	Д	А	Б	В
26	Г	Д	А	Б	В
27	Г	Д	А	Б	В
28	Д	А	Б	В	Г
29	Д	А	Б	В	Г
30	Д	А	Б	В	Г

В таблице 15 приведены значения баланса рабочего времени среднесписочного рабочего.

Таблица 15 – Баланс рабочего времени среднесписочного рабочего

Показатель	Дни	Часы
Календарное число дней	365	8784
Нерабочие дни, выходные	35	840
Номинальный фонд рабочего времени	330	7920
Планируемые выходные:		
А) очередные и дополнительные отпуска	56	1344
Б) по болезни	12	288
В) выполнение общественных обязанностей	1	24
Г) отпуск в связи с учебой	5	120
Эффективный фонд рабочего времени	256	6144

Эффективный фонд рабочего времени составит:

$$T_{эф} = 256 \cdot 8 = 2048 \text{ часов.} \quad (58)$$

5.3 Расчет эффективного фонда времени работы оборудования

За основной расчетный период принимаем календарный год – 365 дней или 8784 часов.

Номинальный фонд работы оборудования:

$$T_H = D_p \cdot R_p, \quad (59)$$

где D_p – количество рабочих дней в расчетном периоде,

R_p – количество рабочих часов в сутки.

При непрерывном режиме работы номинальный фонд времени равен календарному: $T_H = T_K = 8784$ часов.

5.4 Расчет капитальных затрат на строительство

Величина капитальных затрат на здание цеха и его сооружение определяется по укрупненным параметрам. Такими параметрами являются:

Стоимость 1 м² здания согласно действующим поясным ценам на строительство и стройматериалы с учетом характера здания, его размеры и назначение.

Выбираем под цех каркасное здание:

- Длина 18 м.
- Ширина 24 м.

Производственная площадь – 432 м².

Под склад принимаем территорию:

- Длина 5 м.
- Ширина 5 м.

Складская площадь – 25 м²;

На офисные и санитарные площади приходится 75 м².

Суммарная площадь предприятия – 532 м².

Стоимость 1 м³ – 7500 руб;

Стоимость здания – 3990000 руб;

Стоимость санитарно-технических работ составляет
(600 руб./м²) – 390000 руб.

Полная стоимость здания составит:

$$C_{зд} = 3990000 + 390000 = 4380000 \text{ руб.}$$

5.5 Расчет численности рабочих, служащих, ИТР и МОП

Численность производственных рабочих определяется исходя из прогрессивных норм обслуживания при полном обеспечении рабочими всех мест. Число рабочих мест определяется исходя из необходимых точек наблюдения и операций обслуживания процесса, а также объёма работы на управление каждым участком.

Определим явочное число основных рабочих в сутки:

$$R_{яв.} = \frac{1}{H_{обс}} \cdot F \cdot C, \quad (60)$$

где $H_{обс}$ - норма обслуживания,

F - количество установок (5),

C - количество смен в сутки (3).

Учитывая, что работа основных производственных рабочих заключается в наблюдении за ходом процесса, а также, учитывая уровень автоматизации оборудования, цеха, примем 2 человека.

$$R_{\text{яв}} = 3 \cdot 2 = 6 \text{ рабочих.} \quad (61)$$

где $T_{\text{эф.обор.}}$ – проектируемое число дней работы оборудования в год,

$T_{\text{эф.раб.}}$ – проектируемое число дней работы в год одного рабочего.

$$R_{\text{сп.}} = 6 \cdot \frac{330}{256} = 8 \text{ человек.}$$

Приведем состав рабочего персонала ниже в таблице 16.

Таблица 16 – Состав рабочего персонала

Наименование профессий	Разряд	Число рабочих в смену	$R_{\text{яв}}$ в сутки	$R_{\text{сп}}$ в сутки	Число рабочих дней в году	Число рабочих дней оборудования	Число смен в сутки
Аппаратчик	4	1	2	3	256	330	3
Аппаратчик	4	1	2	3	256		
Аппаратчик	4	1	2	2	256		

Расчет численности дежурного персонала

Дежурный слесарь – 1,

Дежурный электрик – 1,

Дежурный КИПиА – 1.

Сведем число дежурного персонала в таблицу 17.

Таблица 17 – Количество дежурного персонала

Профессия	Разряд	Число рабочих в смену	Число смен	$R_{\text{яв}}$	$R_{\text{сп}}$	Число рабочих дней в году	Число рабочих дней оборуд.
Слесарь	5	1	3	2	3	256	330
Электрик	5	1	3	2	3	256	330
Сл. КИПиА	5	1	3	2	3	256	330

5.6 Расчет численности ИТР и служащих

Расчет производится с учетом потребности цеха в каждой группе работников (Таблица 18).

Таблица 18 – Численность ИТР, служащих и МОП

Наименование должности	Категория	Количество работников
Начальник цеха	ИТР	1
Технолог цеха	ИТР	1
Мастер смены	ИТР	4
Ремонтные рабочие	МОП	3
Табельщик	Служащий	1
Уборщица	МОП	2
Итого:		12

5.7 Расчет годового фонда заработной платы

5.7.1 Расчет фонда заработной платы основных рабочих

Расчетный фонд заработной платы (ЗП) складывается из основной и дополнительной заработной платы.

Основной фонд (ЗП):

$$З_{\text{осн.}} = З_{\text{тар}} + Д_{\text{пр}} + Д_{\text{н.вр.}} + Д_{\text{праз}}, \quad (62)$$

где $З_{\text{тар}}$ - тарифный фонд,

$Д_{\text{пр}}$ - доплата премий,

$Д_{\text{н.вр.}}$ - доплаты за ночные смены,

$Д_{\text{праз.}}$ - доплата за работу в праздничные дни.

а) Тарифный фонд:

$$З_{\text{тар}} = З_{\text{тар}}^4,$$

где $З_{\text{тар}}^4$ – ЗП по тарифным ставкам рабочих различной квалификации.

$$З_{\text{тар}}^i = R_{\text{сп}}^i \cdot T_{\text{эф}} \cdot T_{\text{сп}}^i; \quad (63)$$

где $R_{\text{сп}}$ - списочное число рабочих,

$T_{\text{эф}}$ - эффективное время работы одного среднесписочного рабочего,

$T_{\text{сп}}$ - тарифная часовая ставка.

Часовая тарифная ставка составляет для аппаратчиков:

4^{го} разряда - 60 руб/час,

$$З_{\text{тар}}^4 = 8 \cdot 2048 \cdot 60 = 983040 \text{ руб.}$$

б) Доплата за работу в ночное время осуществляется отчислением 40% от тарифной ЗП:

$$Д_{\text{н.вр}} = R_{\text{сп}}^i \cdot n_{\text{вр}} \cdot T_{\text{сг}}^i \cdot П, \quad (64)$$

где $n_{\text{н.вр}}$ - количество ночных смен в году,

$t_{\text{см}}$ - продолжительность смены, час,

П - процент отчисления (40%).

$$Д_{\text{н.вр}}^4 = 3 \cdot 48 \cdot 60 \cdot 8 \cdot 0,4 = 27648 \text{ руб.}$$

в) Доплата премий - 30% от тарифной ЗП:

$$Д_{\text{пр}} = З_{\text{тар}} \cdot \frac{П}{100} = 983040 \cdot \frac{30}{100} = 294912 \text{ руб.} \quad (65)$$

г) Доплата за работу в праздничные дни.

Принято 12 праздничных дней в году. Доплата в праздничные дни осуществляется по двойным тарифным ставкам:

$$Д_{\text{пр}} = Д_{\text{пр}}^4$$

$$Д_{\text{пр}}^i = R_{\text{яв}} \cdot N \cdot T_{\text{ст}}^i \cdot t_{\text{см}}, \quad (66)$$

где N - число праздничных дней в году.

$$Д_{\text{пр}}^4 = 6 \cdot 12 \cdot 8 \cdot 60 = 34560 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн}} = 983040 + 27648 + 294912 + 34560 = 1340160 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата:

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} \cdot 0,24 = 1340160 \cdot 0,24 = 321639 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{общ}} = 1340160 + 321639 = 1661799 \text{ руб.}$$

5.7.2 Расчет фонда заработной платы вспомогательных рабочих

Оклады должностных лиц ИТР и младшего обслуживающего персонала принимаем следующим образом:

- Начальник цеха – 55000 руб,
- Технолог – 40000 руб,
- Мастер смены – 35000 руб,
- Ремонтные рабочие – 20000 руб,
- Табельщик – 15000 руб,
- Уборщица – 8000 руб.

1. Фонд заработной платы вычисляем путем умножения числа штатных единиц на их месячный оклад и на число месяцев работы в году. Число месяцев работы в году для ИТР принимаем равным 11 месяцев, для служащих – 11,3 месяца.

$$\Phi_{\text{осн.}} = 11 \cdot 55000 + 11 \cdot 40000 + 4 \cdot 11 \cdot 35000 + 3 \cdot 11,3 \cdot 20000 + 11,3 \cdot 15000 + 2 \cdot 11,3 \cdot 8000 = 3613300 \text{ руб.}$$

2. Дополнительная заработная плата ИТР и служащих находится по формуле:

$$З_{\text{доп.}} = \frac{\Phi_{\text{осн.}} \cdot D_{\text{отп.}}}{B_{\text{к}}} = \frac{3613300 \cdot 30}{365} = 296984 \text{ руб.} \quad (67)$$

где $\Phi_{\text{осн}}$ – основной фонд заработной платы,

$D_{\text{отп}}$ – календарное количество дней отпуска (30 дней),

$B_{\text{к}}$ – календарный год – 365 дней.

3. Доплата за работу в праздничные дни (рассчитывалась для мастера смены и уборщицы):

$$D_{\text{пр.д.}} = \frac{\text{окл.} \cdot N \cdot R_{\text{яв.}}}{26,5} = \frac{35000 \cdot 12 + 8000 \cdot 12}{26,5} = 19472 \text{ руб.} \quad (68)$$

где окл. – месячный оклад,

N – количество праздничных дней в году,

26,5 – среднемесячное число рабочих дней.

4. Годовой фонд заработной платы ИТР, служащих и МОП:

$$\Phi_{\text{зп}} = \Phi_{\text{осн}} + З_{\text{доп.}} + D_{\text{пр.д.}} = 3613300 + 296984 + 19472 = 3929756 \text{ руб.}$$

С учетом районного коэффициента:

$$З_3 = \Phi_{\text{зп}} \cdot 1,3 = 3929756 \cdot 1,3 = 5108683 \text{ руб.} \quad (69)$$

$$\Phi_{\text{общ}} = 5108683 + 1661799 = 6770482 \text{ руб.} \quad (70)$$

5.8 Расчет себестоимости оборудования

Для организации участка необходима закупка следующего оборудования (таблица 19).

Таблица 19 – Стоимость оборудования

Наименование оборудования	Цена за ед., тыс. руб.	Кол.	Стоимость, тыс. руб.
Агитатор	250	1	250
Шнековый питатель бифторида аммония	225	1	255
Барабанно-вращающая печь	27900	1	27900
Насос	6	2	12
Пульпанасос	310	1	310
Барабанный вакуумный фильтр	6000	1	6000
Циклоны	276	2	552
Скруббер	95	1	95
Чиллер для скруббера	550	1	550
Емкость накопл. вольфрамсодержащего р-ра	250	1	250
ИТОГО			36174

Расходы на наладку и монтаж оборудования приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Расходы на наладку и монтаж оборудования.

Наименование нормативов	% от стоимости оборудования	Сумма тыс. руб.
Устройство фундаментов	10	1899
Технологические трубопроводы	20	3798
Антикоррозионные работы	5	949,5

Продолжение таблицы 20

Кабельные разводки	5	949,5
КИПиА	10	1899
Монтаж оборудования	22	4177,8
Вспомогательное оборудование	5	949,5
Устройство фундаментов	10	1899
Технологические трубопроводы	20	3798

Продолжение таблицы 20

Антикоррозионные работы	5	949,5
ИТОГО		14622,3

$$C_{\text{кап.затр}} = C_{\text{обор}} + \Sigma C_{\text{затр}}. \quad (71)$$

$$C_{\text{кап.затр}} = 36174 + 14622,3 = 50796,3 \text{ тыс.руб.}$$

5.9 Общепроизводственные расходы

Содержание и эксплуатация оборудования

Ремонтный фонд составляет 15 % от стоимости оборудования:

$$\Phi_{\text{т.р}} = 50796,3 \cdot 0,15 = 7620 \text{ тыс.руб./год.} \quad (72)$$

Расходы на содержание составляют 5 % от стоимости оборудования:

$$З_{\text{сод}} = 50796,3 \cdot 0,05 = 2540 \text{ тыс.руб./год.} \quad (73)$$

Отчисления на амортизацию оборудования:

Амортизация оборудования 10 % от стоимости оборудования:

$$A_{\text{об}} = C_{\text{затр}} \cdot \alpha = 50796,3 \cdot 0,1 = 5079,63 \text{ тыс.руб./год.} \quad (74)$$

Сумма расходов на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$\Sigma Z_1 = A_{\text{об}} + Z_{\text{сод}} + \Phi_{\text{т.р.}} = 7620 + 2540 + 5079,63 = 15240 \text{ тыс. руб.} \quad (75)$$

5.10 Расчет технологических затрат

Затраты на электроэнергию

$$З_{\text{эл}} = C_{\text{эл}} \cdot W \cdot T_{\text{р.обор}}, \quad (76)$$

где $C_{\text{эл}}$ - стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб. (2,6 руб.),

W - потребляемая мощность, кВт,

$T_{\text{р.обор}}$ - время работы оборудования в год ($256 \cdot 24 = 6144$ ч.).

Расходы на электроэнергию складывается из стоимости полезной работы электродвигателей, мешалок, насосов.

$$З_{\text{эл}} = 2,62 \cdot 6144 \cdot 200 = 3219456 \text{ руб/год.} \quad (77)$$

Затраты на ОТ и ТБ

Затраты, связанные с организацией труда и техникой безопасности, принимаются равными 15 % от полного годового фонда заработной платы:

$$З_{\text{ОТ и ТБ}} = 6770482 \cdot 0,15 = 1015572,3 \text{ руб/год.} \quad (78)$$

Размер отчислений на социальные нужды составляет 30 % от полного годового фонда заработной платы:

$$З_{\text{соц}} = 6770482 \cdot 0,3 = 2031145 \text{ руб/год.} \quad (79)$$

5.11 Расчет затрат на производство

Затраты на текущий ремонт здания составляют 2 % от стоимости здания:

$$З_{\text{т.р.}} = 4875000 \cdot 0,02 = 975000 \text{ руб.} \quad (80)$$

Содержание здания (включает в себя затраты на освещение, отопление, вентиляцию) – 2 % от стоимости здания:

$$З_{\text{сод.}} = 4875000 \cdot 0,02 = 975000 \text{ руб.} \quad (81)$$

Амортизационные отчисления – 3,7 % от стоимости здания:

$$З_{\text{ам.}} = 4875000 \cdot 0,037 = 180375 \text{ руб.} \quad (82)$$

5.12 Калькуляция себестоимости передела

Определим стоимость получения на определенный объем производства $Q_{\text{год}} = 2000$ тонн в год. Полученные данные представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Калькуляция себестоимости передела

Статьи	Ед. изм.	Цена, руб.	Норма в год	Сумма руб./год
Закупка NH_4HF_2	т	19500	1800	35100000
Закупка H_2O (дист)	т	16	5600	89600
Электроэнергия на тех. нужды	кВт	200		3219456
Исходное сырье	т	400000	2000	800000000
Итого условно-переменные затраты				838409056

Продолжение таблицы 21

Фонд ЗП	руб.			6770482
Отчисление на социальные нужды	руб.			2031145
Расходы на строительство здания	руб.			4875000
Санитарно-технические работы	руб.			390000
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования:				
• амортизация оборудования	руб.			5079630
• ремонтный фонд	руб.			7620000
• содержание оборудования	руб.			2540000
• монтажные работы	руб.			4177800
• амортизация вспомогательного оборудования	руб.			94950
Цеховые расходы:				
• амортизация здания;	руб.			180375
• содержание здания;	руб.			975000
• тек. и кап. ремонты;	руб.			975000
• расходы на ОТ и ТБ	руб.			2031145
Общепроизводственные расходы	руб.			15240000
Итого условно-постоянные затраты				129798639

Вывод: Произведен расчет стоимости передела вольфрамсодержащего концентрата составила 129798639 руб. Тогда точка безубыточности определяется по следующим образом (формула 83), где Ц – цена единицы продукции, руб/т.:

$$Q_{кр.} = \frac{З_{пост.}}{Ц - З_{пер.уд.}}. \quad (83)$$

$$Q_{кр.} = \frac{838409056}{1300000 - 38409056/1023} = 664,1 \text{ т.}$$

Таким образом, произведен расчет себестоимости переработки фтораммонийным способом вольфрамсодержащего концентрата с целью получения паравольфрамата аммония. Себестоимость паравольфрамата аммония составила 1300 руб/кг. При применении данной технологии наблюдается снижение себестоимости за счет снижения энергозатрат, стоимости аппаратуры используемой в данной технологии. За счет автоматизации процесса, количество персонала уменьшается. В

проектируемом цехе образующие отходы направляются на переработку и на дальнейшее использование с целью получить важные соединения вольфрама.

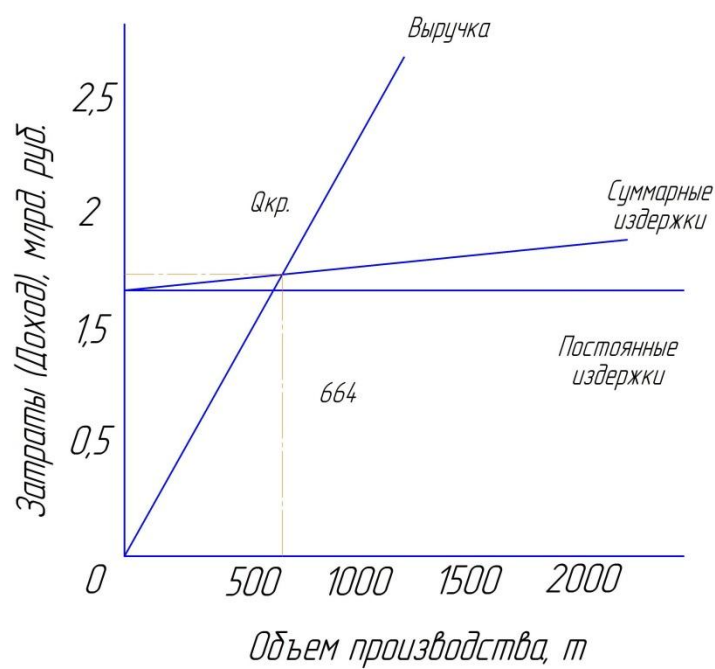


Рисунок 4 – График безубыточности

Список публикаций

1. Цивка Р. Р. Изучение взаимодействия оксидов редкоземельных элементов с тетрафтороброматом калия / Р. Р. Цивка ; науч. рук. С. И. Ивлев // Химия и химическая технология в XXI веке : материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва, Томск, 25-29 мая 2015 г. : в 2 т. — Томск: Изд-во ТПУ, 2015. — Т. 2. — [С. 142-143]. URL: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/19545/1/conference_tpu-2015-C27-V2-067.pdf, заглавие с титульного экрана. Доступ свободный.

2. Цивка Р. Р. Исследование растворимости гептациркконата аммония в воде / Р. Р. Цивка, О. С. Молоткова ; науч. рук. А. Д. Киселёв // Химия и химическая технология в XXI веке : материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, посвященной 120-летию Томского политехнического университета, 17–20 мая 2016 г., г. Томск. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — [С. 441-442]. URL: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/30752/1/conference_tpu-2016-C27_p442-443.pdf, заглавие с титульного экрана. Доступ свободный.

3. Цивка Р. Р. Исследование взаимодействия тетрафторобромата калия с оксидами редкоземельных элементов / Р. Р. Цивка ; науч. рук. С. И. Ивлев // Перспективы развития фундаментальных наук : сборник научных трудов XII Международной конференция студентов и молодых ученых, г. Томск, 21-24 апреля 2015 г. — Томск : Изд-во ТПУ, 2015. — [С. 550-552]. URL: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/19192/1/conference_tpu-2015-C21-173.pdf, заглавие с титульного экрана. Доступ свободный.